

VI. Desarrollo sostenible en la producción alimentaria

SEGUNDO JIMÉNEZ GÓMEZ

Académico de Número de la Real Academia Nacional de Farmacia

y

FERNANDO JIMÉNEZ DE GARNICA

Profesor Titular de EUIT Agrícola

1. INTRODUCCIÓN

En la presentación del ciclo decía nuestro Presidente, Dr. Reol, que la Academia era lugar de encuentro para el debate científico, y que aboga por un diálogo más profundo entre la Comunidad Científica y la Sociedad.

El tema de hoy se presta especialmente a ello, sobre todo si se toma como referencia la “Cumbre de la Tierra” celebrada en Johannesburgo del 26 de agosto al 4 de septiembre último. La Cumbre estuvo dedicada al “Desarrollo Sostenible”, aunque, como es lógico, al programar el Ciclo, el coordinador ignoraba los pobres resultados que iban a acompañarla; pero esto le da mayor interés al tema. Por otra parte, era la tercera Conferencia Mundial celebrada con esa denominación. La primera fue la de Río en 1992, la segunda tuvo lugar en 1997 con la denominación de “Río + 5”, y en ella se hizo un balance de lo poco logrado en los cinco años transcurridos, y ésta, inicialmente llamada “Río + 10”, ha sido la tercera.

Objetivo prioritario en Johannesburgo era trazar las líneas maestras para erradicar la pobreza, lo que, sin duda, tiene su punto de partida en garantizar el suministro de alimentos y de agua. La inclusión de este tema no ha sido, pues, ni casual ni oportunista, ni trató de apuntarse a una previsible actualidad, pues en el marco de un Curso como éste, la cuestión del Desarrollo Sostenible encuentra en la producción de alimentos una de sus proyecciones más inmediatas. De los diferentes puntos de vista desde los que cabe plantear

la cuestión de la sostenibilidad, es en la producción de alimentos donde se requieren con urgencia soluciones alternativas satisfactorias, cíclicas e indefinidas, puesto que alimentarse y beber es una función vital básica de todos los seres.

Sin embargo, en el problema del Desarrollo Sostenible no es menos importante la seguridad en el consumo a que hace referencia el título. Aunque mi intervención tenga una orientación muy específica no puedo omitir una alusión al mismo porque el singular significado que hoy tiene la sostenibilidad lo incorpora de lleno dentro de la seguridad. El Libro Blanco sobre la Seguridad Alimentaria, hecho público por la Comisión de las Comunidades Europeas a principios del año 2000 (12.01.2000), plantea la cuestión de la Seguridad Alimentaria como el resultado de un conjunto de procedimientos y normas coordinadas cuyo fin último es lograr el máximo nivel de protección de la salud.

La seguridad hace referencia al buen funcionamiento de algo, con independencia de que se trate de una máquina o de un alimento, siempre que se use de forma razonable y dentro de unos límites predeterminados. De esta manera la seguridad forma hoy parte de la calidad. De aquí, que garantizar la sostenibilidad de la producción de alimentos sin explorar el mantenimiento de la seguridad o su posible evolución sería, como mínimo, una situación a superar.

En el consumo alimentario se ha logrado un nivel de seguridad que era de difícil previsión cuando en el año 1945 se creó la FAO y se impuso la tarea de suministrar alimentos a un amplio segmento de la población mundial que padecía graves carencias. A pesar de todo, la reticencia ante la posibilidad de riesgos, a veces ficticios y otras de probabilidad escasa, es enorme. El sensibilizado clima social exige saber no sólo si hay riesgo, sino en qué consiste y cómo se evita. La presencia de un aditivo, y más aún si se trata de un contaminante, requiere conocer la IDA (ingestión diaria admisible) cuyo límite, en aras de la seguridad, se fija en los niveles más bajos de toxicidad detectados para el animal de ensayo más sensible e, incluso, después, se divide por un factor de seguridad que, en ocasiones llega a 1000, y nunca es inferior

a 100. La seguridad de las personas, en cualquier clase de actividad, se ha convertido en un derecho ciudadano al que los Gobiernos tienen la obligación de atender, compatibilizándole, eso sí, con la libertad humana para asumir voluntariamente riesgos, aunque puedan ser innecesarios. Basta con que hayan sido elegidos libremente. Es éste, pues, un fenómeno a valorar en el futuro desarrollo sostenible alimentario.

Pero antes hay todavía otra cuestión sobre la que quisiera hacer unas breves reflexiones. Se trata de la incongruencia que supone el mantenimiento a escala mundial, e incluso regional, de dos situaciones antagónicas: La existencia de bolsas considerables de población con notorias carencias alimentarias, evidentes riesgos de desnutrición y porcentajes elevados de morbilidad y mortalidad, junto a áreas geográficas con excedentes alimentarios y alta ingesta energética, lo que también tiene factores de riesgo no despreciables, aunque no sean tan graves como los anteriores.

Cuando nació la FAO se decía que las tres cuartas partes de la población mundial estaba infra-alimentada. Ignoro la precisión de esta cifra porque en aquella época los métodos de medida no tenían el rigor actual; pero si se tiene en cuenta que la población mundial de entonces no alcanzaba los 2500 MM, la cifra de las personas que padecían hambre se puede situar, con escaso margen de error, en unos 1900 millones. Hoy la situación es mucho mejor, pero las hambrunas aún están lejos de erradicarse. Todavía hay miles de personas que saben que el hambre será la causa de su muerte. No importa si son 800, 900 ó 1000 MM de personas, lo que importa es que mientras exista una sola hay que mantener viva la preocupación.

El objetivo de erradicar la pobreza, es decir, el hambre, que se pretendía en Johannesburgo, ha sido suplantado en las conclusiones por una sarta de buenos propósitos y por la promesa de una próxima ratificación del Protocolo de Kioto por parte de Rusia, China y Canadá, lo que, si se cumple de manera inmediata o mediata, podría paliar el fracaso de la Cumbre y constituirse en punto de partida de un futuro más esperanzador.

Sin entrar en temas de Economía Política, sobre los que no entiendo, no deja de sorprender a cualquier profano esa política de subvenciones agrícolas por no producir, para evitar excedentes y mantener precios. Según dijo Prof Gaspar González en esta Real Academia, en el Foro sobre el VI Plan de Medio Ambiente de la U.E., 800 millones de personas padecen hambre mientras que las disponibilidades actuales de alimentos permitirían satisfacer las necesidades de 12.000 MM de personas. Ya sé que es un problema de competitividad, pero difícilmente compatible con hambrunas, desde la perspectiva de la solidaridad.

Soy consciente de que la cosa no es simple, pero se hace difícil comprender la actual situación. “El hambre –decía Albert Sassón en su libro “La Alimentación del hombre del mañana” (UNESCO 1990. Versión española Ed. Reverte 1993-) es más el resultado de la subnutrición que de la malnutrición, y su causa es la pobreza. Puede ser falta de poder adquisitivo, de carencia empleo o de vigencia del subempleo” y todo ello sin olvidar que “el problema de la subalimentación permanente no puede separarse de su contexto social, económico, cultural y político. El problema es más complejo y no basta el simple envío de víveres o de subsidios”

Hace unos instantes aludí a la población del extremo opuesto, es decir a la sobrealimentada y a sus riesgos, que no son pocos aunque sean más fácilmente evitables, cuando no son de origen genético. En el citado libro de Sassón, le dedica varias páginas al problema, pero me referiré sólo a lo que dice García Olmedo en un libro aparecido el año pasado (“Entre el placer y la necesidad” Ed. Drakontos 2001). Tras calificar a la obesidad como “la última epidemia”, en atención a que las personas clínicamente obesas crecieron en USA desde el 14,5% en 1980 hasta el 22,5% en la actualidad, dice el autor que “estaríamos tentados a denominar al fenómeno como el mal americano, sino fuera porque el número de obesos crece en tasas similares en regiones como Escandinavia, Australia, Samoa o las Islas Mauricio.” La obesidad acelera los mecanismos de envejecimiento, e incorpora riesgos innecesarios por favorecer el desarrollo de enfermedades tan dispares como hiperlipidemia, diabetes, enfermedades respiratorias, hipertensión y otras dolencias cardio-

vasculares y articulares, etc y hasta algún tipo de cáncer. Para orientar de la situación a las personas, y en algún caso con claros fines clasificatorios, se ha establecido el que se denomina Índice de Masa Corporal (IMC) que viene dado por

$$\text{IMC} = \text{Peso en Kg} / (\text{altura en m})^2$$

De forma arbitraria, aunque por acuerdo internacional, se han fijado cuatro intervalos de valores. El valor deseable debe estar entre 20 a 25; hasta 30 la situación es de sobrepeso, de 30 a 40 se califica como obeso, y con más de 40 como muy obeso.

Dada su importancia sanitaria se está trabajando mucho en estos temas, y aunque haya pocas evidencias absolutamente demostradas, en especial en los humanos, la restricción calórica y una dieta equilibrada en grasas, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, es el tratamiento más eficaz y de más lógica, porque se reduce el estrés oxidativo y se disminuye la producción de los radicales libres que intervienen en la rotura de proteínas y lípidos (Mora Teruel. “Enfermedades neurodegenerativas”. Farmaindustria 2002). “Estudios recientes –dice Mora Teruel- sobre restricción calórica en primates han permitido sacar algunas conclusiones preliminares, y cautelosas, que pudieran ser extrapoladas al hombre, en el sentido de que una disminución calórica del 30%, puede reducir las enfermedades cardiovasculares y tumorales. En todo caso, y quizás por encima del propio interés sanitario, está claro que estos desequilibrios son inconcebibles desde una perspectiva ética, aunque no precisen de las urgencias de la situación contraria.

El desarrollo sostenible se apuntó como idea de base en la Conferencia de Estocolmo de 1972, al correlacionarse los conceptos de medio ambiente y desarrollo. Su enunciado como objetivo tuvo lugar en 1987, cuando la Comisión del Medio Ambiente y del Desarrollo de la Naciones Unidas lo incluyó en el Informe “Nuestro Futuro Común”, en íntima vinculación con las hambrunas y las bolsas de pobreza. Finalmente quedó consagrado en la Con-

ferencia de Río de 1992, a partir de la cual se han definido alcances, fijado objetivos y establecido estrategias.

Por eso, no viene mal presentar el tema con una visión global, pues no deja de sorprender la supuesta novedad del objetivo respecto de nuestros ecosistemas, cuando está tan a la vista lo que venía sucediendo de forma natural desde hace millones de años.

El desarrollo sostenible se define como una forma operativa que permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas. “Dad gratis lo que habéis recibido gratis”, dice el Evangelio de S. Mateo (10.8). Me remonto un poco en el tiempo y, según los expertos en la materia, el planeta Tierra tiene una edad de 4.600 MM de años; asimismo, la presencia de vida en la Tierra, deducida de las bacterias fósiles encontradas en rocas australianas, data de 3500 MM de años (Scientific American, 7.2001). La sostenibilidad natural se ha mantenido, pues, como mínimo durante estos 3500 MM de años; sin embargo, en poco más de los 50 años últimos hemos usado en exceso los recursos esenciales hasta percibir el riesgo de su agotabilidad, al mismo tiempo que se han generado residuos contaminantes en cuantía que sobrepasan los límites de lo sostenible.

Felizmente, el problema ha adquirido consistencia en la mayor parte de los ámbitos responsables y sólo hace falta que extiendan las medidas para conseguirlo. En este sentido, hay que señalar que tras de la formulación, a principios del 2001, del VI Programa de Acción Medioambiental de la U.E., el Gobierno de la Nación, en los primeros meses de 2002, hizo público un documento sobre “Estrategia Española de Desarrollo Sostenible” con el que aspira a que la política y la actividad económica sean respetuosas con las exigencias medioambientales. En él se aportan los criterios e instrumentos necesarios para que la innovación prosiga dentro del marco de la sostenibilidad. Y respecto del sector agrícola dice que “su importancia trasciende al peso relativo que tiene en la producción y en el empleo, debido a su extensión territorial, a su relevancia social, a su incidencia en la conservación del medio, a los requerimientos de recursos y a la importancia que tienen sus produc-

ciones sobre la salud”. Todo ello hace de las actividades agrícolas un sector crucial para la gestión sostenible.

El hombre posee una indiscutible capacidad de innovar. Para los que somos creyentes es una forma de mínima colaboración con el Creador, en su obra creadora, y para los que no lo son es una cualidad intrínseca de la naturaleza, anexa a la capacidad evolutiva de la materia que conforma el Universo. A poco que se analicen ambas situaciones se observará que son compatibles, y hasta complementarias, pues en la dinámica del cambio hay dos motores: uno del que es responsable nuestra especie y, el otro, que está intrínseco en el Universo.

Esto significa que el desarrollo sostenible está inherente en el mecanismo evolutivo del Universo, luego las soluciones hay que buscarlas en sus singulares leyes. El problema es la distinta cinética de ambos procesos, es decir, cuándo la evolución incentivada por la inteligencia, ¡o la torpeza!, claro está, de la especie humana y la debida a los mecanismos naturales no guarden un equilibrio entre innovación, es decir, progreso, y conservación, es decir, disponibilidad, de recursos. Se llegará así a la carencia -a la agotabilidad- y a poner en riesgo al conjunto de especies vivas.

2. ENTRE PESIMISTAS ANDA EL JUEGO

Quizá nunca ha estado tan claro que la paz está directamente unida a la disponibilidad de alimentos, aunque siempre se haya intuido que el hambre no es buena consejera. Aludía antes a que hacia la mitad del siglo pasado existían unos 1900 MM de personas con hambre que con certeza disponían de una ingestión media inferior a 1600 kcal / día; sin embargo, el siglo XX ha sido testigo de un considerable incremento de la producción agrícola, hasta el punto de que entre 1960 y el fin del mismo la disponibilidad de alimentos creció en un 30%.

Con las actuaciones de la FAO en la segunda mitad del siglo, la evolución de la ingesta calórica ha mejorado notablemente, como puede apreciarse de los datos recogidos en la Tabla I, donde se observa que el porcenta-

je de población con un consumo calórico inferior a 2000 kcal / día, prácticamente ha desaparecido. La situación infraalimentaria se superó en los veinte años transcurridos entre 1960 y 1980, aunque también hay que reconocer que el porcentaje de consumo superior a 3000 Kcal se mantiene muy constante. Parece, pues, que queda por dar un último paso.

TABLA I
EVOLUCIÓN DE LA INGESTA DE CALORÍAS POR LA POBLACIÓN MUNDIAL EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX.

Kcal/día	1960	1970	1980	1990
Menos de 2000	50,8 %	28,8 %	4,8 %	2,4 %
De 2000 a 3000	16,8 %	41,0 %	62,1 %	63,5 %
Más de 3000	32,4 %	30,2 %	33,1 %	32,1 %
Población Total: MM	3.100	3.600	4100	5.000

Elaborado en términos porcentuales a partir de datos de G.Varela. “Decálogo Xacobeo sobre la alimentación en el siglo XXI”. Madrid. 2000.

Los hechos demuestran que a los 165 años de la muerte del economista Malthus (1766-1834) su teoría sobre el crecimiento geométrico de la población y aritmético de los recursos no se ha confirmado. El Presidente de la Asociación Británica de Ciencias, Sir Williams Crookes vaticinaba a finales del siglo XIX, que para el año 1930 habría hambre, lo que tampoco fue exacto, excepción hecha de las crisis económica del año 29. El Presidente de la FAO decía en 1949, que en la competición entre el incremento de población y el de la producción de alimentos triunfará siempre el primero. Hasta el momento y pese al aumento de población las hambrunas han disminuido en términos absolutos y relativos. La alarma producida por el Primer Informe al

Club de Roma sobre crecimiento cero, se desvaneció en poco más de dos años, gracias a que la Técnica abrió el tarro de sus esencias y aumentó rendimientos, economizó energía y afloró nuevos recursos.

Y no sólo se ha aumentado la ingesta calórica, sino que se ha llegado a una dieta cualitativamente más selecta, o al menos obtenida a través de una cadena trófica más larga, lo que ha permitido un mayor consumo de proteína cárnica.

Fue primero la agroquímica, lo que dio paso al uso de fertilizantes de síntesis, después el conocimiento del suelo, con la fijación bacteriana del nitrógeno atmosférico y el importante papel desempeñado por la materia orgánica, más tarde la mejora de plantas, y posteriormente el uso de fitosanitarios de síntesis los que hicieron posible que en todos los países se multiplicara la producción de manera considerable. La FAO promocionó lo que se ha llamado la Agricultura intensiva, de alto consumo energético, basada en la mecanización, en el riego, en la selección genética, en el empleo de fertilizantes y en la lucha química contra plagas e insectos.

3. LAS “REVOLUCIONES VERDES”. AGRICULTURA ENERGÉTICA

Es relativamente frecuente confundir la “revolución verde”, o las “revoluciones verdes”, con la agricultura intensiva o energética, y no es correcto porque la revolución verde es parte de la agricultura energética, que tiene, además, otros componentes.

La llamada revolución verde está relacionada con la selección de variedades de alto rendimiento, la mejora vegetal y con la diversidad genética por combinación de genes, hasta el punto de que ya se habla de tres revoluciones verdes. García Olmedo, en su libro “La tercera revolución verde” (Editorial Debate. Madrid. 1998) sistematiza de forma sencilla las tres etapas.

La primera, a la que él autor califica de más radical, fue domesticar las especies cuyo cultivo ha llegado hasta nuestros días. Se basó en elegir entre aquellas semillas silvestres cuyas características parecían más adecuadas

por su rendimiento, tamaño, robustez y rigidez de las cañas o espigas en los cereales o de la vaina en leguminosas, resistencia a la sequía y a las plagas, etc. A partir de su cultivo directo, y por sucesivas resiembras, se obtuvieron poblaciones de semillas sustancialmente distintas a las silvestres, y más adecuadas a las exigencias del consumo humano, unas veces por sus propiedades organolépticas y otras por sus mayores posibilidades de manipularlas por molienda, cocimiento, fermentación o panificación.

Este sistema se siguió hasta mediados del siglo XIX, cuando los descubrimientos de Mendel comenzaron a aplicarse a la mejora vegetal. Las nuevas combinaciones de genes se logran cruzando individuos de una línea que tengan los caracteres que interesen y seleccionando después aquellos que más se acerquen a las propiedades deseadas. De este modo se han obtenido un gran número de variedades de trigo, arroz, maíz, mijo, leguminosas diversas, mandioca, etc.

Una hibridación de especial interés es el Triticale, conseguida a partir del trigo (género *Triticum*) y del centeno (género *Secale*). Se parece más al primero pero se puede cultivar en suelos ácidos, los rendimientos son el doble que los de trigo, es más tolerante a sales y resistente a hongos parásitos, aunque no lo es al cornezuelo del centeno y a ciertos virus. Su harina es de buena calidad, pero de color pardo, lo que le resta posibilidades de comercialización. Su principal aplicación está en la alimentación ganadera.

La mejora vegetal ha sido uno de las formas más eficaces para aumentar la producción agrícola en los primeros 50 años del último siglo. En el cultivo del maíz se lograron incrementos medios de rendimiento de un 25% y en el de la caña de azúcar de más de un 200%. Los ejemplos que podrían ponerse son innumerables, pero no me resisto a dejar de citar los híbridos de maíz con tallo azucarado, cuyas perspectivas como materia prima para obtener biocombustibles pueden ser muy halagüeñas.

La tercera revolución verde surge al aplicar la ingeniería genética a la mejora de plantas, puesto que mediante la transmisión horizontal de la información genética se pueden introducir genes de resistencia a insectos, a herbi-

cidas, a antibióticos, etc. Está sometida en este momento a un debate sobre sus posibilidades, pero los medios científicos, económicos y políticos han de plantearse el tema con objetividad, sin apriorismos, con garantías científicas y destacando siempre beneficios y riesgos.

Igualmente ha habido otra aportación genética, aunque sin necesidad de manipulaciones, cual es el caso del intercambio de simientes y cultivos entre el Viejo y el Nuevo Mundo. El maíz, la patata y la soja se cultivan hoy en todos los continentes, y hay cultivos tan generalizados, como el maíz, cuya producción en China está cercana a la de arroz.

Todos estos factores, junto con el crecimiento de los cultivos de regadío, han hecho posible la intensificación progresiva de la producción de alimentos. Pero, además, hay otros específicos del siglo XX. Me refiero a la mecanización, a la conservación del suelo, al empleo masivo de fertilizantes químicos, al uso de fitosanitarios y al desarrollo de especies enanas, que tienen un mayor porcentaje de biomasa útil respecto de la biomasa total.

Se estima que sólo los fertilizantes químicos han incrementado el 40% de la producción de cereales en el mundo. Que los fitosanitarios han evitado que las enfermedades y plagas disminuyan las cosechas en un 30%. De esta manera la producción mundial de cereales ha pasado de 400 MM de toneladas en 1900 a 1900 MM en 2000. Hay quien se arriesga a dar el dato de que **los agricultores en el último siglo han aumentado la producción de cereales cinco veces más que en los diez milenios precedentes**. En todo caso, y éste sí es dato objetivo, a principios del siglo la producción agrícola de un granjero USA, permitía alimentar a otras siete personas; hoy cada granjero USA alimenta a 96 personas (Lester R. Brown. "La situación del mundo en 1999". Icaria Editorial. 1999).

Esto justifica la enorme disminución mundial de las personas mal alimentadas habida entre las décadas 70 y 80 del último siglo. Pero siguen sin explicarse las bolsas de hambrunas que existen todavía.

Las nuevas tecnologías y la evolución de las antiguas tienen un denominador común: el alto consumo energético. De ahí mi insistencia en des-

tacar que no es sólo una intensificación de la agricultura, sino una agricultura energética por su consumo de energía.

La mecanización es la primera causa. Ha tardado mucho tiempo el género humano en suplementar su limitado esfuerzo personal con otros tipos de energía. El hombre sólo puede desarrollar una potencia de unos 60 a 100 vatios y durante unas pocas horas diarias. Su contribución energética está entre 200 y 300 kW-h por año. Nada comparable con lo que puede desarrollar un tractor de mediana o baja potencia. El arado romano y otros aperos similares fueron de uso normal por los agricultores del primer tercio del siglo XX, pues en el año 1950, en España, el 75% de la energía primaria consumida procedía del carbón, mientras que en 1975 había disminuido al 15%, siendo sustituida por petróleo y gas natural. En esos datos permiten interpretar por qué fue en esa década el inicio de la superación del hambre.

Y lo mismo puede decirse de los fertilizantes. Aprovechando que este año se ha celebrado en esta Real Academia el centenario del nacimiento de D. José María Albareda, quiero recoger un párrafo de una Conferencia suya pronunciada en la inauguración del curso 57-58, que decía así: “Todos los países han elevado enormemente sus cifras de producción agrícola. La utilización de fertilizantes minerales actúa decisivamente en el valor nutritivo de las cosechas, y puede decirse..... que el abandono de los abonos minerales en Alemania ocasionó una disminución anual de la producción de trigo que representó una pérdida de 300 gramos de pan por habitante y día. Esta falta de producción de trigo llegó a ser del 66% en la Europa en el periodo 1935-38”. Intencionadamente he recogido las fechas para vean que estamos aludiendo a épocas de hambre generalizada. Los fertilizantes y la rotación de cultivos fueron decisivos para el conservar la fertilidad de suelos.

Pero disponer de fertilizantes lleva implícito consumir de energía en su fabricación. Y lo mismo puede decirse de las complejas moléculas orgánicas de antiparasitarios y fitosanitarios.

Las ventajas de los regadíos eran, y son, bien conocidas, hasta el punto que no es aventurado decir que la sostenibilidad de la producción de ali-

mentos dependerá cada vez más de prácticas racionales y eficaces de conservación y uso del agua, consistentes en la ordenación del riego y en su correcta administración en las zonas de secano, unido al suministro de agua para el ganado y a la conservación de las áreas pesqueras interiores. De todas las tierras cultivadas sólo el 16% es regadío, pero aporta el 36% de la producción agrícola total; el 84% de es de secano, y sólo aporta el 64%. La superficies de regadío eran 235 MM de hectáreas al final del siglo XX, es decir unas cinco veces más que las de principios de siglo. La extensión del regadío es también energéticamente costosa, por los gastos de bombeo y reparto, aunque quizá no sea este el factor más condicionante sino la disponibilidad de agua, cada día más crítica.

En mayor o menor cuantía, pues, todos los factores que han hecho posible el incremento de la producción de alimentos promueven consumos importantes de energía. La energía es el denominador común más específico de la agricultura intensiva.

4. SÍNTOMAS DE INSOSTENIBILIDAD

A menos de 50 años de haberse generalizado todo este proceso el sistema comienza a dar muestras de insostenibilidad.

De una parte la mecanización está contribuyendo a que los suelos se compacten, pierdan aireamiento, disminuya o desaparezca la microflora, la microfauna y, en general, la población microbiana, imprescindible para mantener su fertilidad, y favoreciendo la erosión y el agotamiento como suelo agrícola. Por ejemplo, las lombrices fueron siempre un agente capaz de esponjar el suelo, de darle movilidad y aireación, realizando una labor muy análoga a la que se hace con el arado, con la particularidad de que como se alimentan con desechos orgánicos, los residuos que a su vez generan constituyen un material de excelente calidad para la conservación y mejora del suelo. Hubo épocas que, a falta de mejor sistema de valoración, el precio de los campos de labor se fijaba por su contenido en lombrices por unidad de superficie, pues hay algunas clases, como la *Eisenia foétida*, que llegan a soportar

densidades de hasta 50.000 individuos por metro cuadrado. Hay antecedentes de que la fertilidad del valle del Nilo se debía en buena parte a su alto contenido en lombrices.

Por otra parte, el abuso de los fertilizantes de síntesis quimifica el suelo y disminuye su contenido de materia orgánica, tanto por haber perdido vigencia la aplicación de estiércol, cómo porque para eliminar rastrojos se recurre a su incineración sobre el terreno, por ser un medio más rápido de eliminación que el de esperar a se humifiquen. Al mismo tiempo, el excedente de fertilizantes químicos, en especial los nitrogenados, se disuelve en las aguas de lluvia o de riego y pasa a contaminar los acuíferos subterráneos, o bien a eutrofizar lagos o embalses. Según el libro Blanco del Agua en España, en la cuenca del Duero el 80% de las aportaciones nitrogenadas que recibe son de este origen, y en las cuencas del Tajo y Guadiana es del 50%. El contaminante más peligroso para la salud infantil es el nitrato, pues en los niños menores de tres años, tanto como tales o bajo la forma de nitritos, oxidan irreversiblemente el hierro ferroso a férrico, dando lugar a que se forme metahemoglobina, lo que crea una situación de anoxia que puede ser letal. Además, en la flora intestinal pueden transformarse en nitrosaminas cancerígenas o en aminas tóxicas como la hidróxilamina. La circunstancia de que los fertilizantes puedan incorporar el nitrógeno como sal amónica no impide la formación de nitratos pues las bacterias nitrificantes lo pasan al estado de más alta oxidación.

De la misma naturaleza, aunque quizá más importante, es la contaminación por pesticidas, pues no sólo quimifican el suelo y le dotan de una toxicidad de la que pueden ser víctimas las personas o animales que entren en contacto con él, sino que, en parte, pasan al agua, desde donde pueden tener un efecto tóxico acumulativo importante sobre la fauna piscícola, pues aunque la concentración del fitosanitario pueda ser mínima su acumulación en el organismo puede aparecer en tiempos relativamente cortos ya que los peces para respirar toman grandes cantidades de agua. En muchas cuencas de ríos y en aguas subterráneas han aparecido productos tales como Aldrin, DDT, Atracina, HCB (hexaclorobenceno), antraceno, etc, constituyendo su elimi-

nación un problema añadido de más importancia que el de las aguas superficiales. En términos generales los pesticidas destruyen la materia orgánica, disminuyen el pH, movilizan iones fitotóxicos y desequilibran la microflora y la microfauna.

La extensión de los regadíos ofrece también síntomas de insostenibilidad, no tanto por lo que tiene de actividad contaminante, sino por el alto consumo de un producto, el agua, de escasez creciente. En un documento publicado por las N.U. en abril de 1997, titulado “Evaluación Completa del Agua Dulce” se advierte que una tercera parte de la población mundial vive en países que tienen una escasez de agua entre moderada y alta, pero se añade, además, que en poco más de una década **todos los países de África del Norte y buena parte de los de África Oriental (seis) tendrán renovaciones de agua inferiores a la demanda.** Esto quizá contribuya a explicar por qué el crecimiento de regadío alcanzó un máximo de 48 Ha/1000 habitantes en 1978. Después ha seguido creciendo en términos absolutos a un ritmo del orden del 1% de la superficie regada, pero no en términos relativos pues el crecimiento de la población lo ha hecho a un ritmo medio de 1,3%. En la Tabla II se recogen los cinco países de mayor proporción de superficie regada respecto de la superficie total de cultivo.

TABLA II

PAÍSES CON MÁS ALTA PROPORCIÓN REGADA DE SU SUPERFICIE DE CULTIVO.

PAÍS	Sup regada, Ha.10 ³	Fracción regada, %
Egipto	2.585	100
Pakistán	16.220	78
Japón	2.868	62
China	45.349	47
Irak	2.550	47
España	3.400	17
Mundo	235.300	16

Se puede observar que se trata de tres tipos de países: unos desérticos o semidesérticos, otros de gran superficie, como China, y el caso de Japón con una alta densidad de población. A escala mundial la superficie regada es sólo de un 16%, y en España está un punto por encima. En ninguno de los dos casos es mucho, pero no se pueden esperar crecimientos espectaculares, por buenos que sean los proyectos de la administración.

Pero no terminan aquí los problemas. Hay uno más, sin duda de difícil solución. La FAO y la UNESCO vienen advirtiéndolo que la tierra, en nuestro caso el suelo, es un recurso finito y agotable. Que sea finito es evidente, pero su condición de agotable ni parece tan evidente ni tiene fácil solución. La finitud de la tierra como recurso viene dada por las dificultades para incrementarla, salvo en algunos casos muy concretos y difíciles de generalizar, como es en Holanda o los terrenos de aluvión natural de ciertos deltas, entre ellos el del Ebro. La agotabilidad es consecuencia de las pérdidas por erosión y arrastre a causa de una deficiente conservación, a lo que hay que unir los variados usos no agrícolas de superficies dedicadas en otras épocas a cultivos. La construcción de viviendas, la apertura de vías de comunicación, el pastoreo

intensivo y el abandono de terrenos por su baja productividad, son algunas de las causas determinantes de ello. En un estudio realizado por la UNESCO con el título de Man & Biosphera, se hacía la previsión, parece que acertada, de que en los últimos 20 años del siglo XX se iban a perder para la Agricultura más de 2 MM de km². Países como USA, Brasil, India, Bangladesh, Iran, China, Etiopía, etc, han perdido, o se prevé que pierdan, importantes superficies que venían dedicando al cultivo de cereales. Los casos de India y China, que se recogen en la Tabla III, son indicativos, pero no son los únicos.

TABLA III
SUPERFICIES DEDICADAS AL CULTIVO DE CEREALES EN INDIA Y CHINA (HA/PERSONA)

Año	India	China
1950	0.28	0,16
2000	0,10	0,07
2050	0.07	0,06

Es posible que en Brasil, aunque de momento también está bajando, pueda crecer un poco, si el precio de los cereales subiera.

5. BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

Sin duda alguna, que estos problemas hay que atajarlos con la máxima rapidez. Y para ello se han adoptado soluciones inteligentes de carácter inmediato, sin dejar de explorar nuevos sistemas agrícolas, aplicando biotecnologías que eviten la contaminación y restauren suelos, conserven el agua, y se establezcan nuevas estrategias para el control de plagas y enfermedades.

5.1.- Suelos

Se conoce lo que es el suelo y su biodiversidad edáfica, aunque su identificación individualizada no sea sencilla. Hay que aportar materia orgánica suficientemente evolucionada, para que su contenido energético sea utilizado en la biocenosis y no en su autoevolución. Es posible que consolidado el suelo en su correcta estructura física y química, haya que disminuir la potencia de mecanización, para poder mantenerle aireado y sin compactar.

El comportamiento de un suelo frente a una determinada acción contaminante es previsible. Se conocen los mecanismos a que puede verse sometido un pesticida, que unas veces es de acumulación por adsorción en la materia orgánica o en la arcilla y otras de descomposición química, biológica o fotolítica. Igualmente se sabe que hay técnicas de restauración de suelos, unas veces “in situ”, lavado con disolventes, por ejemplo, y otras “ex situ” si se trata de masas de suelo no excesivamente grandes, en cuyo caso puede llegarse a emplear hasta la desorción térmica (A. Polo, D. Hernández y H. Fritis. En Ciencia y Medioambiente. Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid. 2002).

En esta línea he de anticipar la biorremediación de suelos, sobre la que luego volveré. De momento baste decir que es una vía biológica mediante la cual los micoorganismos simplificadores convierten lo orgánico - sintético o no- en inorgánico; como decía Carpena devuelven lo biológico a lo geológico quedando en condiciones de repetirse el ciclo. Lo importante en estas ocasiones es encontrar el agente biológico capaz de mineralizar una determinada sustancia de síntesis.

Y relativamente análogos son los tratamientos de fitorremediación del suelo o del agua, denominados así cuando se usan plantas para captar contaminantes orgánicos o inorgánicos, bajo las variantes de fitoextracción, fitoestabilización, fito o rizodegradación, fitovolatilización o rizofiltración. La fitoextracción es el empleo de plantas para acumular contaminantes, degradados o no, en las partes aéreas de las mismas, susceptibles de recuperar, caso de los metales, o de incinerar, compostar o acumular. La fitoestabilización consiste en usar plantas para disminuir o limitar la biodisponibilidad de contaminantes, situación de gran interés para los metales. Una situación típica de

estos casos es el bloqueo o quelación de metales, de manera que el aumento del tamaño molecular impida su paso a través de las membranas celulares. La rizofiltración es un caso muy concreto en el que los metales se fijan en la raíz de la planta. La fitodegradación consiste en usar plantas y sus microorganismos asociados para descomponer sustancias contaminantes. Y por último, la fitovolatilización es cuando se emplean plantas para recuperar y transportar contaminantes a las hojas de donde se liberan por evapotranspiración. Posiblemente ésta sea la situación más polémica puesto que lo que se hace es transferir la contaminación del suelo al aire. (J.M.Becerril, O.Barrutia, J. Hernández-Allica, J.I. García, A.Hernández y C. Garbisu.- “*Ciencia y Medio Ambiente*” Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid 2002)

5.2.- Fertilizantes y enmiendas

La fertilización ideal debe de armonizar el aporte de nutrientes con las necesidades de cada tipo de cultivo, según la fase de crecimiento en que se encuentre. El sistema seguido hasta hace poco consistía en usar un excedente -consumo de lujo, se suele denominar- para compensar lo que se pierde por insolubilización o por solubilización. Pero esto no se puede mantener tanto por su coste energético como por la mineralización de suelos y la contaminación de aguas que determina.

La solución más inmediata está en los fertilizantes de liberación controlada sobre los que hace tiempo que se trabaja bajo tres directrices: productos recubiertos, materiales de baja solubilidad y control microbiano de nitrificación. Ninguna de las tres está agotada. Antes al contrario, el campo de investigación es muy amplio comenzando por la necesidad de profundizar en el conocimiento de los mecanismos de nutrición y crecimiento, según especies biológicas para adaptar a sus necesidades los sistemas de liberación. En el mercado existe la urea recubierta de azufre, pero hay otros muchas posibilidades de barreras físicas, como son las ligninas residuales y otros productos naturales tales como colofonias, colágeno, gelatina o almidón, y hasta polí-

meros de síntesis, de los llamados polímeros biomédicos, en forma de películas biodegradables.

Los progresos alcanzados en “ingeniería tisular” pueden ser instrumentos movilizados de esta temática, con el empleo de polímeros de ácido láctico o glicólico, o los más modernos de polietilenglicol y alcohol polivinílico, usados también en el campo de los pesticidas, cuyo carácter hidrófilo favorece las hidrólisis enzimáticas.

Asimismo, de forma fácil y no costosa, podría ampliarse la actual y reducida oferta de condensados de urea, sobre la base de modificar los grados de condensación o las sustancias a condensar, ya sea el aldehído, la amina o ambos, o alterar la velocidad de los mecanismos hidrolíticos, oxidantes o nitrificantes, por adición de inhibidores o activadores químicos, en función de la mayor rapidez de demanda de nutrientes.

Se observará que se pueden hacer muchas cosas. ¡Pero todavía queda otra más radical! ¿Por qué no suprimir los fertilizantes nitrogenados de síntesis? La fijación total de nitrógeno del aire se evalúa en unos 275 MM de T año. De ellas sólo 70 MM, proceden de fertilizantes de síntesis, 30 MM tienen su origen en causas naturales o en los compuestos nitrogenados presentes en el aire a causa de actividades socioeconómicas de carácter antrópico distintas a la síntesis de fertilizante y 175 MM proceden de fijación biológica. Pero tampoco toda la fijación biológica es análoga: 35 MM se fijan en vida libre y 140 MM mediante fijación simbiótica entre una leguminosa y algún tipo de bacteria, no sólo las *Rhizobium*, que son las más conocidas, sino algunas otras más. Y tampoco es indiferente la clase de leguminosa o de bacteria, como se puede observar en la TABLA IV, en la que se recoge la cantidad fijada en función de la leguminosa cultivada:

TABLA IV
VALORES MEDIOS DE LA FIJACIÓN DE NITRÓGENO POR LEGUMINOSAS

Leguminosa	Nitrógeno fijado, kg/Ha/año	Especie de Rhizobium
Alfalfa	200-250	Sinorhizobium melilote
Altramuz	150	<i>Bradyrhizobium sp</i>
Trebol rojo	100-150	R.Legumiasarum bv.trifoli
Veza	100-120	<i>R.Leguminosarum bv.viciae</i>
Meliloto	100-125	Sinorhizobium melilori
Guisante	100	<i>R.Leguminosarum bv.viciae</i>
Lenteja	100	Id
Soja	80-90	<i>Bradyrhizobium japoni- cum</i>
Garbanzo	60-80	<i>R.Leguminosarum bv.viciae</i>
Judia	50	<i>R.Leguminosarun bv.phaseoli</i>

Fuente: Mercedes Fernández Pascual, Nuria de María y M^a Rosario de Felipe. “Fijación Bio-
lógica del nitrógeno: factores limitantes”. “Ciencia y Medio Ambiente” Centro de Ciencias
Medioambientales. Madrid 2002.

La fijación del nitrógeno se realiza con la enzima nitrogenasa según la siguiente reacción:



Espero pues que no se tarde mucho tiempo en poder prescindir de la fijación sintética.

Y no quiero cerrar el capítulo de los fertilizantes sin aludir también a las enmiendas inorgánicas para modificar la acidez. No me refiero a las conocidas de hace tiempo, sino a las que la Biología Molecular ha proporcionado como respuesta a situaciones desfavorables del suelo y del clima. Por poner un ejemplo, ahí está el caso de la acidificación de suelos por la lluvia ácida, con la correlativa liberación de aluminio iónico, tóxico para muchas plantas y que deja de serlo o al menos se elevan sus niveles de tolerancia cuando se dota a las plantas por vía transgénica, de una cierta capacidad de liberar ácidos orgánicos débiles, que se combinan o secuestran al aluminio, o simplemente crean un sistema amortiguador que inhibe o aminora su acción tóxica. El hecho se ha demostrado en formas transgénicas de tabaco, que generan ácido cítrico.

5.3.- Pesticidas y fitosanitarios

Otro de los problemas depredadores es el de los pesticidas y fitosanitarios, que no puedo dejar de tratar aunque sea de forma somera.

La Industria Química ha hecho un considerable esfuerzo para superar problemas medioambientales, sanitarios y económicos, y para informar a los ciudadanos sobre los beneficios y riesgos. Asimismo, ha colaborado con los consumidores en disminuir las dosis aplicadas y los efectos desfavorables sobre la salud humana y animal, la pequeña dispersión ambiental de estos productos. Se han creado nuevos productos, cambiando unas veces la sustancia activa y otras la forma de presentación, buscando siempre minimizar con-

sumos y residuos y optimar los procesos productivos y las formas de presentación.

Las formulaciones líquidas se presentan preferentemente bajo la forma de emulsiones, suspensiones concentradas y geles. Las emulsiones se hacen en disolventes orgánicos o en agua, preferentemente en ésta, puesto que las primeras tienen mayor toxicidad y riesgo de inflamabilidad, y contribuyen a la emisión de COV. Las soluciones acuosas constituyen la alternativa preferida para formular productos sólidos y líquidos solubles e hidrolíticamente estables. Ofrecen la posibilidad de combinar en una única formulación la emulsión de un líquido activo con la suspensión de un sólido también activo. En este caso se conocen como suspoemulsiones y suelen ser de gran estabilidad gracias al uso de tensoactivos alquilglocósidos y de copolímeros etoxilados.

Si se trata de sólidos activos de baja solubilidad en agua se preparan suspensiones acuosas concentradas con pequeñas cantidades de glicoles o productos semejantes para que se mantengan estabilizadas. Para evitar su decantación y disminuir el riesgo de toxicidad dérmica y oral se presentan también como suspensiones encapsuladas, tanto para sólidos como para líquidos, en especial si se trata de multicomponentes líquidos de acusada volatilidad, pues lo que se trata es de facilitar su manipulación y de reducir su toxicidad.

La presentación como gel es otra forma novedosa que en poco tiempo ha adquirido una notable difusión. Pueden considerarse como disoluciones concentradas hasta que alcanzan la viscosidad de un gel.

En las formulaciones sólidas ha habido también la importante y curiosa innovación de que la suspensión la obtiene el agricultor a partir de monodosis del producto activo, con el tamaño de partícula adecuado, que compra contenidos en saquitos de películas de alcohol polivinílico, solubles en agua, con lo que el operador queda absolutamente libre del riesgo de contacto dérmico u oral con el polvo. Este tipo de envases se usan también en el manejo de los productos presentados como gel.

Para los productos sólidos activos de gran actividad, como es el caso de las sulfonilureas, se emplean gránulos dispersables en forma de pequeñas bolitas de masa y densidad constante, que tienen las ventajas de poder medirse volumétricamente, ocupan menos espacio, desprenden menos polvo y no dejan residuos. Y en la misma línea está la presentación de pesticidas en vesículas o miniampollas anfifílicas, mono o multilaminares, formadas por dimetilamidas de ácidos grasos de restos lignínicos, ensayados con éxito en la formulación de funguicidas empleados en el cultivo de algodón en invernadero.

Y también hay soluciones con materiales inorgánicos, como son las zeolitas, en especial las de síntesis, que son aluminosilicatos porosos que tienen una gran homogeneidad en el tamaño y distribución de los poros, que pueden servir de encapsulantes de fertilizantes, pesticidas y otros materiales. Es conocido el caso de la faujasita, constituida por unidades óxidos de Si y de Al, estructuradas en forma de prismas hexagonales, dentro de la cual puede alojarse unidades moleculares de las sustancias a liberar. En la fig -1- tienen el caso de la faujasita alojando una molécula de atrazina pesticida.

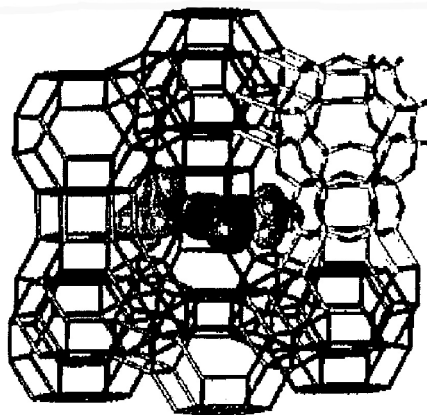


FIGURA 1. Molécula de atracina encapsulada en una faujasita. Anal Quím. 96, 3, 13-23, (2000)

Se puede apreciar que son muchas y valiosas las innovaciones que la Industria Química ha ofrecido en los últimos años en este campo; todas ellas buscan mejorar la seguridad en el manejo y uso de los productos, pero no disminuyen la toxicidad específica de los mismos ni tratan de buscar otros de carácter más inocuo. En este sentido lo que sí se han establecido han sido estrategias. Por ejemplo utilizar el pesticida sólo hasta disminuir la población patógena por debajo del umbral de daño para el cultivo.

Hay una técnica, que se suele conocer como biofumigación, que consiste en utilizar como alternativa de ciertos pesticidas la acción de los gases resultantes de la biodescomposición de materia orgánica, en especial cuando la relación C/N está comprendida entre 8 y 20. Este valor intermedio de la relación C/N sugiere que los gases se producen en una fermentación de biomasa residual, fundamentalmente anaeróbica, siendo estos los que sustituyen a determinados fitosanitarios, muy en concreto al bromuro de metilo (“Alternativas agroecológicas a los productos fitosanitarios” A. Bello y J.A. López Pérez. *Ciencia y Medio Ambiente*. Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid. 2002.).

En esta misma línea están las técnicas de biorremediación, de las que se hizo algún comentario al hablar de la descontaminación de suelos. Todos los seres vivos tienen alguna capacidad para romper -metabolizar- sustancias orgánicas, incluso los xenobióticos de origen antrópico. Los microorganismos, y dentro de estos las bacterias, son a los que se hace referencia de forma más habitual, pero también lo tienen los hongos y las plantas en general, recibiendo entonces en nombre de fitorremediación. Una característica del catabolismo de estos procesos, tanto si son aeróbicos como anaeróbicos, es que los compuestos aromáticos, de estructuras muy dispares, se catabolizan mediante diversas “rutas periféricas” hasta conformar un pequeño número de metabolitos que, bien por sí o a través de una segunda fase metabólica, forman metabolitos del ciclo Krebs, que se incorporan al catabolismo central de la célula. De ello son responsables determinados genes catabólicos.

La degradación del anillo bencénico se consigue incorporando al mismo un grupo hidroxilo, cuando se trata de un catabolismo aeróbico, cuyas enzimas básicas son las monooxigenasas y las dioxigenasas, o por derivados de la coenzima A (CoA) en el catabolismo anaeróbico.

Y, nótese, que por esta vía nos hemos introducido en la Biología Molecular, que posibilita conocer los sistemas de defensa de las plantas frente a las diferentes plagas y caracterizar los genes implicados en ellos o la resistencia a determinados estrés abióticos. De este modo la expresión en la planta de un determinado gen de un cierto virus, inhibe su posible propagación y le protege frente a la enfermedad o del estrés.

La lucha contra las plagas de insectos por esta vía se basa en expresar en el suelo una determinada proteína que se convierte en tóxica para el insecto, causándole la muerte al entrar en contacto con enzimas presentes en su organismo. El uso insecticida de ciertas bacterias se conoce desde hace tiempo; la novedad está en expresar en la planta el gen determinante de las propiedades insecticidas de la bacteria.

Pero la Ingeniería Genética aporta también la posibilidad de ampliar los periodos de uso del pesticida durante las diferentes fases del cultivo. Unas veces introduciendo en la planta genes capaces de degradar el fitosanitario y otras insensibilizando la proteína de la planta que es la diana de la acción de aquel. En todo caso, ahí nos encontramos ante una faceta positiva de los fenómenos transgénicos que no recuerdo haya surgido en el debate público, y escasamente riguroso, que se está produciendo en la Sociedad.

En todo caso, espero que hayan quedado convencidos de la importancia de hablar del desarrollo sostenible en la producción alimentaria, aunque sobre muchas cuestiones me hay quedado en el preámbulo de la insinuación.

Muchas gracias por su atención.

Bibliografía

- (1) ALBAREDA, J.M. (2002). "Edición facsímil de Discursos pronunciados en la Real Academia de Farmacia" Madrid.
- (2) BECERRIL, J.M.; BARRUTIA, O.; HERNÁNDEZ ALLICA, J.; GARCÍA, J.I.; HERNÁNDEZ, A. Y GARBISU, C. (2002). "Ciencia y Medio Ambiente". Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid.
- (3) BELLO, A Y LÓPEZ PÉREZ, J. (2002). "Alternativas agroecológicas a los productos fitosanitarios" En "Ciencia y Medio Ambiente". Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid.
- (4) Comisión de las Comunidades Europeas. (12.1.2000) "Libro Blanco sobre Seguridad Alimentaria". Bruselas.
- (5) Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. (1988) "Nuestro Futuro Común". Alianza Editorial. Madrid.
- (6) FERNÁNDEZ PASCUAL, M.; DE MARÍA, N Y DE FELIPE, R. (2002) "Fijación biológica de nitrógeno: factores limitantes" En "Ciencia y Medio Ambiente". Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid
- (7) GARCÍA OLMEDO, F. (2001) "Entre el placer y la necesidad". Editorial Crítica. Barcelona
- (8) GARCÍA OLMEDO, F. (1998). "La tercera revolución verde". Debate Versal. Madrid
- (9) GONZÁLEZ GONZÁLEZ, G. (2002) "Perspectivas de la demanda mundial de alimentos" En "La salud en el VI Programa de Medio Ambiente de la Unión Europea" Real Academia Nacional de Farmacia. Madrid
- (10) JIMÉNEZ GÓMEZ, S. (2001) "Desarrollo e Innovación en la Industria Química". Feique. Madrid
- (11) JIMÉNEZ GÓMEZ, S. (1992). "Fertilizantes de Liberación lenta" Edic.Mundi-Prensa. Madrid
- (12) LESTER R. BROWN Y OTROS. (1999) "La situación en el Mundo en 1999". Icaria Edi.
- (13) Ministerio de Medio Ambiente. (2002) "Estrategia Española de Desarrollo Sostenible". Madrid
- (14) Ministerio de Medio Ambiente. (1998) "Libro Blanco del Agua en España" Madrid
- (15) MORA TERUEL, F. (2002). "Enfermedades neurovegetativas". Farmaindustria
- (16) Naciones Unidas. (1992) "Informe de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo". Río de Janeiro

SEGUNDO JIMÉNEZ GÓMEZ Y FERNANDO JIMÉNEZ DE GARNICA

- (17) Naciones Unidas. (1997) “Evaluación completa del agua dulce”
- (18) SAZÓN, A. (1993) “La alimentación del hombre del mañana” UNESCO. Reverté. Barcelona.
- (19) TURNES, G Y OTERO, C. (2000). “Sólidos porosos periódicos: Perspectivas”. *Anal. Quim.* 96, 3, 13-23
- (20) VARELA, G. (2002) “Decálogo Xacobeo sobre la alimentación en el siglo XXI”. Madrid